

トビー工業 (株) 技術研究所 正員 酒井吉永
 トビー工業 (株) 技術研究所 正員 青木尚夫
 トビー工業 (株) 鉄構管理室 正員 藤枝幸二
 大阪大学名誉教授 渡辺正紀

1. まえがき

近年、鋼構造物に疲労被害が生じ、その補修のみならず疲労強度向上策の必要性が論じられている。本研究では、圧縮残留応力を積極的に疲労強度向上策として利用するため、噴流液体窒素ガスの強制冷却を用いた残留応力変換法を開発し、既に、中央円孔付疲労試験体(SM50A $t=6\text{mm}$)において、疲労き裂進展速度遅延化の効果を確認している。そこで、本報では、実際の溶接構造部材への応用例として、応力集中が高く疲労強度が低いクラスに分類されているガセット溶接継手を取り上げ、本法の疲労強度向上効果を検証したものである。

2. 試験内容

(1) 試験体

試験体は当初図 1 (a)に示すようにガセットをレ形開先突合せ溶接し、疲労き裂の発生を1ヵ所にするため、残りの3止端部は肉盛り、 $R=20\text{mm}$ にG仕上げしたものを用いた。しかしながら、圧縮残留応力変換処理を施した止端からは、疲労き裂は発生しなかったため、図 1 (b)のような、切抜いたガセットの端部 1個所を長さ100mmガウジングをおこない、突合せ溶接をして、溶接で取付けた状態としたものを用いた。

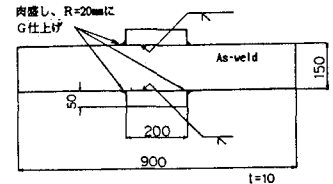
(2) 残留応力処理方法

疲労き裂発生点となる溶接止端部には、降伏点に近い引張残留応力が存在する。本法では、この溶接部に液体窒素ガス冷却とガス加熱による相対温度差をせしめ積極的に圧縮残留応力へ変換をはかったものである。なお、疲労強度向上に有効と考えられる圧縮残留応力を広範囲に付与するため、次の2操作をガセット溶接止端部に適用した。

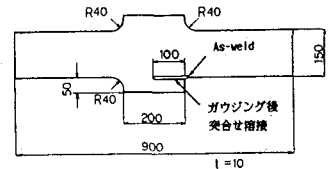
1) 第一操作：溶接部を加熱し、周辺部を冷却することにより、引張残留応力を大きくし、幅を拡げ、圧縮残留応力への変換を容易にし、変換領域を拡げる。

2) 第二操作：溶接部を冷却し、周辺部を加熱することによって、溶接部に引張残留ひずみを生じさせて圧縮残留応力へ変換させる。

試験体はSM50Aであり、熱による材質変化は比較的少ないと考えられるので、第一操作はガス加熱($500^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$)のみで行った。第二操作は、図 2に示すように液体窒素ガス冷却とガス加熱による



(a) Type 1



(b) Type 2

図1 ガセット付引張試験体

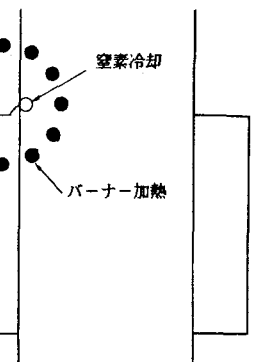
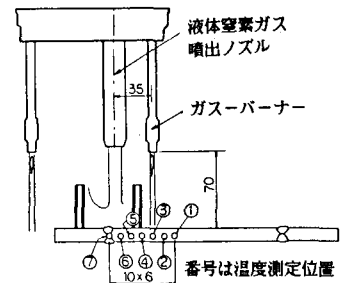


図2 処理位置

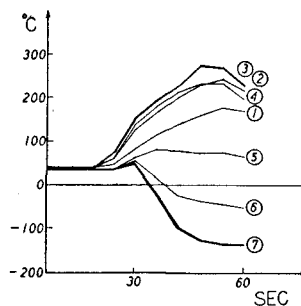


図3 温度履歴

温度差をつくるため、温度履歴を測定し、処理条件を決めた。

3. 試験結果

(1) 残留応力測定結果

1) 第一操作後の残留応力

図4の残留応力分布から、第一操作により、止端部には As-weld に比較して約20mmの広範囲にわたって20kg/mm²程の引張残留応力が付与されていることが確認された。

2) 第二操作後の残留応力

試験体をそのまま残留応力処理した場合では、図5に示されるように、止端部に幅 5mm, 3 kg/mm² 程度圧縮残留応力が付与できたにすぎないが、実構造物でのガセットの拘束を考慮し拘束して残留応力処理を行うと幅 30mm, 10kg/mm² 程度の圧縮残留応力が付与された。

(2) 疲労試験結果

疲労亀裂が発生しやすい箇所に導入された圧縮残留応力が疲労強度に及ぼす影響を調べるため、残留応力処理した試験体と未処理の試験体について、片振り引張疲労試験を行った。

1) Type 1の試験体では、疲労き裂は残留応力処理した止端から発生せず肉盛溶接部(G仕上げ R=20mm)から発生した。

2) Type 2の試験体では、幅30mm, 10kg/mm²程の圧縮残留応力を付与することにより、200万回疲労強度が8kg/mm²程向上することが確かめられた。

3) 本法による向上効果は従来の溶接止端部G仕上げ法(R=3mm)より大きい。

4. 今後の方針

亀裂進展寿命に及ぼす圧縮残留応力の影響をき裂開口変位を測定して調べるとともに、さらに、圧縮残留応力を積極的に利用する疲労強度向上策として溶接構造物への適用拡大化をはかっていく所存である。

参考文献 1) 青木他: 噴流液体窒素ガス冷却による残留応力制御と疲労き裂進展速度遅延化の研究 第39回年次講演会概要集

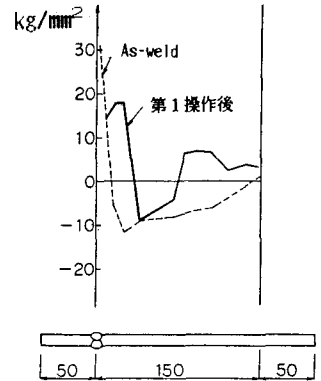


図4 σ_R 分布

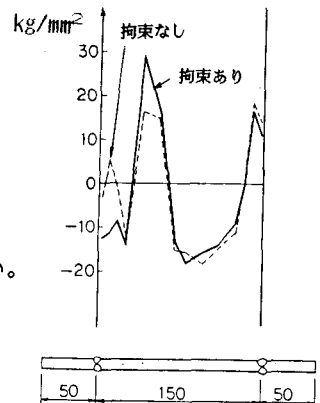


図5 σ_R 分布

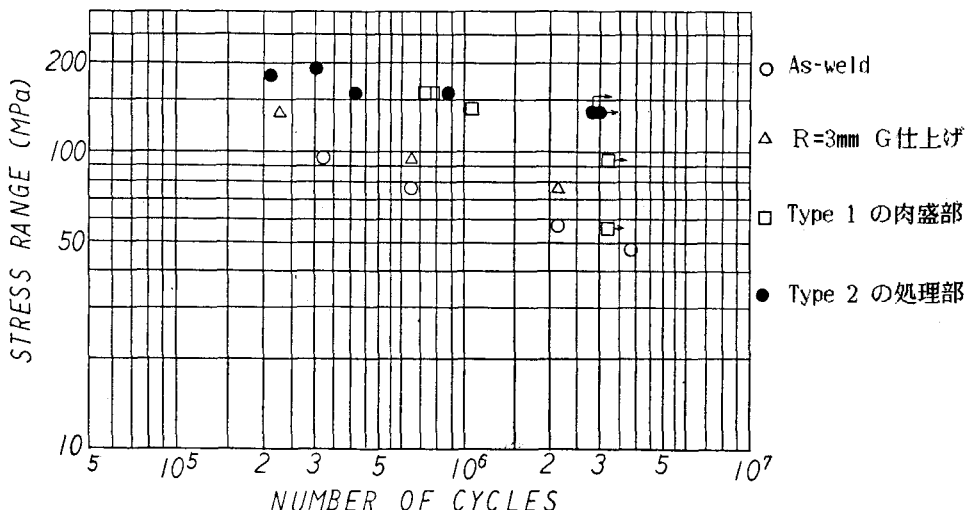


図6 疲労試験結果